

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, AG Waldböden

Titel der Tagung: Unsere Böden - Unser Leben

Veranstalter: DBG, München, September 2015

Berichte der DBG (Nicht begutachtete online Publikation)

<http://www.dbges.de>

Natürliche Regeneration von Fahrspuren im Wald: Bodenphysikalische und bodenbiologische Betrachtungen

Corinna Ebeling und Thorsten Gaertig

Zusammenfassung

In dieser Studie wurde die natürliche Regeneration von Bodenverdichtung im Wald auf unterschiedlich alten Rückegassen (10-40 Jahre nach der letzten Befahrung) in zwei verschiedenen Regionen anhand von bodenbiologischen und bodenphysikalischen Parametern untersucht.

In der Region Göttingen konnte auf Standorten mit hoher biologischen Aktivität und hohen Tongehalten 10-20 Jahre nach der letzten Befahrung eine Regeneration festgestellt werden. Im Gegensatz dazu war die Regeneration in der Region Heide auf pleistozänen verlehmtten Sanden auch nach 40 Jahren noch nicht komplett abgeschlossen: Der Gasdiffusionskoeffizient war 40 Jahre nach der letzten Befahrung auf der Rückegasse signifikant geringer als im unbefahrenen Bereich.

Schlüsselworte: Bodenverdichtung, CO₂-Konzentration, Feinwurzelndichte, Gasdiffusionskoeffizient, Regeneration

Einleitung

Das Fahren von Forstmaschinen im Wald kann auf den Rückegassen zu Bodenverdichtung führen. Dabei ist weitgehend unbekannt, ob und in welchem Zeitraum eine natürliche Regeneration auf den verdichteten Waldböden stattfindet.

Die Regenerationsdauer verdichteter Waldböden wird in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben. CROKE ET AL. (2001) konnten nach fünf Jahren keine Regeneration eines sandigen Bodens feststellen, aber PAGE-DUMROESE ET AL. (2006) berichten eine vollständige Regeneration eines sandigen Bodens nach gleicher Zeitdauer. Auf einem lehmigen Standort waren nach zehn Jahren noch Strukturstörungen nachweisbar (RAB, 2004) und VON WILPERT & SCHÄFFER (2006) stellten nach 24 Jahren eine leichte Regeneration eines schluffigen Lehm Bodens fest.

Die natürliche Regeneration eines verdichteten Bodens wird vor allem durch bodenbiologische Prozesse geprägt. Die Wiederherstellung des Porensystems wird maßgeblich durch die Aktivität von grabenden Bodentieren, v. a. Regenwürmern bestimmt (BEYLICH ET AL., 2010). Auch das Einwachsen und Verrotten von Pflanzenwurzeln ist von großer Bedeutung (BOTINELLI ET AL., 2014). Neben den bodenbiologischen Prozessen können auch physikalische Vorgänge, wie zum Beispiel das Quellen und Schrumpfen tonhaltiger Böden, zur Regeneration beitragen. Zusätzlich wird die Porenstabilität durch organische Stoffe, Aluminium- und Eisenoxiden oder Calcium gefördert (GAERTIG & HILDEBRAND, 2003).

HAWK Hildesheim, Holzminden, Göttingen
Corinna Ebeling
Büsgenweg 1a
37077 Göttingen
Email: Corinna.Ebeling1@hawk-hhg.de
Telefon: 0551 5032 191

In Abhängigkeit von den jeweiligen Standortseigenschaften findet man ein unterschiedliches Regenerationspotential vor: Es wird angenommen, dass Böden mit einem hohen pH-Wert und somit hoher biologischer Aktivität vergleichsweise schnell regenerieren. Tonhaltige Böden regenerieren in der Regel schneller als Böden mit einem geringen Tongehalt. Die Verdichtungsempfindlichkeit ist abhängig von der Bodentextur. Grobkörnige Böden werden dabei als verdichtungsunempfindlicher eingestuft als fein- und mittelkörnige Böden (GREACEN AND SANDS, 1980).

Ziel dieser Untersuchung ist es, anhand von bodenbiologischen und bodenphysikalischen Parametern festzustellen, in welchem Umfang eine natürliche Regeneration des verdichteten Bodens auf Rückegassen auf unterschiedlichen Standorten stattfindet.

Material und Methoden

Diese Untersuchung wurde in den Gebieten Göttingen und Heide in Buchenaltbeständen durchgeführt. Die Standortseigenschaften sind in Tabelle 1 zusammengefasst. In einer unechten Zeitreihe wurden Rückegassen untersucht, die seit 5-10, 15-20, 25-30 und 35-45 Jahren nicht mehr befahren wurden (EBELING ET AL., 2016)

An vier Transekten mit jeweils 31 Messpunkten quer über die Rückegasse, die jeweils die Bereiche Bestand, Fahrspur, Seitenstreifen und Mittelstreifen umfassten, wurden die CO₂-Konzentrationen in der Bodenluft in 5 cm Tiefe gemessen. Eine Befahrung des Bodens mit einhergehender Bodenverdichtung bedeutet eine Abnahme des Porenvolumens und Zunahme der Porendiskontinuität. Besonders Sekundärporen sind betroffen, die wichtig für den Gashaushalt sind: Als Folge der Bodenverdichtung ist der CO₂-Austausch der Bodenluft mit der Atmosphäre gehemmt und

verdichtete Böden weisen höhere CO₂-Konzentrationen auf als ungestörte Bereiche. Böden mit CO₂-Gehalten über 0,6 % befinden sich in einer Belüftungssituation mit eingeschränkter CO₂-Entsorgung (GAERTIG, 2001). Die Messungen erfolgten mit einer tragbaren CO₂-Sonde (KUHNKE UND GAERTIG, 2012). An einem weiteren Transekt wurden ungestörte Bodenproben in 0-5 cm Tiefe entnommen und der relative scheinbare Gasdiffusionskoeffizient (D_s/D_0) mit der Kammermethode und Krypton als Testgas bestimmt. Die Bodenproben wiesen dabei eine Wasserspannung von 160 hPa auf.

Tabelle 1: Standortseigenschaften der Untersuchungsflächen

Region	Göttingen			Heide		
Flächenname	G10	G20	G30	H10	H30	H40
Alter der Rückegasse	8	18	24	7	28	42
Geologisches Ausgangssubstrat	Muschelkalk			Pleistozäne verlehnte Sande		
Bodentyp	Terra fusca			Podsol		
Bodenart	Schwach schluffiger Ton			Schwach schluffiger Sand		
pH-Wert	6,0 – 7,4			3,9 – 4,7		

Auf jeder Untersuchungsfläche wurde die Feinwurzeldichte an je einem Profil im unbefahrenen Bereich und einem Profil auf der Fahrspur mit der Profilwandmethode im 4x4 cm Raster geschätzt. Die Aufnahmen erfolgten jeweils außerhalb der Vegetationsperiode.

Ergebnisse

Abb. 1 zeigt die CO₂-Konzentrationen der Bodenluft auf den unterschiedlich alten Rückegassen in der **Region Göttingen**. Im ungestörten Referenzbereich im Bestand betrug der CO₂-Gehalt auf allen Untersuchungsflächen 0,2 %. Das entspricht den

Werten eines gut durchlüfteten Bodens. Die Fläche G10 zeigte signifikante Unterschiede zwischen der Referenz und der Fahrspur. Mit zunehmendem zeitlichem Abstand zur letzten Befahrung wurden die CO₂-Gehalte geringer. Der Gasdiffusionskoeffizient zeigte die Restrukturierung des verdichteten Bodens im Göttinger Wald auf ähnliche Weise an (Abb. 1): Auf der Fläche G10 waren signifikante Unterschiede in der Gasdiffusivität auf der Fahrspur (arithmetische Mittel: 0,04) und im ungestörten Bereich (arithmetische Mittel: 0,06) zu finden. Auf den Flächen G20 und G30 waren keine signifikanten Unterschiede feststellbar. In der Region Göttingen konnten wir keine signifikanten Unterschiede in der Feinwurzel-dichte unter der Rückegasse und im unbefahrenen Bereich feststellen (ohne Abb.). Die Feinwurzel-dichte war dennoch unterhalb der Fahrspur tendenziell geringer als im ungestörten Bereich.

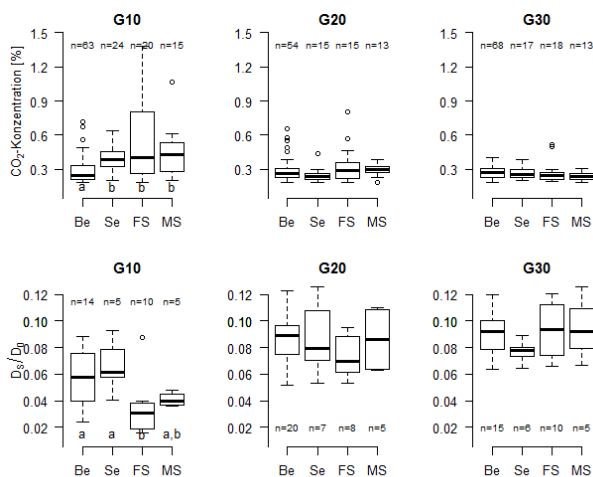


Abbildung 1: Whisker-Boxplots (Median und Quartile) für CO₂-Konzentration der Bodenluft in 5 cm Tiefe und D_s/D₀ auf drei unterschiedlich alten Rückegassen in der Region Göttingen. Be: Bestand, FS: Fahrspur, MS: Mittelstreifen, Se: Seitenstreifen. Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben sind mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % signifikant unterschiedlich.

Die Fahrspuren in der **Untersuchungsregion Heide** unterschieden sich nach 10 und 30 Jahren signifikant in der CO₂-Konzentration von der Referenz. Der CO₂-

Gehalt betrug jeweils 0,5 % im unbefahrenen Bereich, aber 1,2 %, bzw. 1,0 % auf den Fahrspuren (Abb. 2). Der Gasdiffusionskoeffizient war 30 und 40 Jahre nach der letzten Befahrung signifikant geringer auf der Fahrspur als im Referenzboden. Zehn Jahre nach Befahrung konnten jedoch keine Unterschiede gezeigt werden.

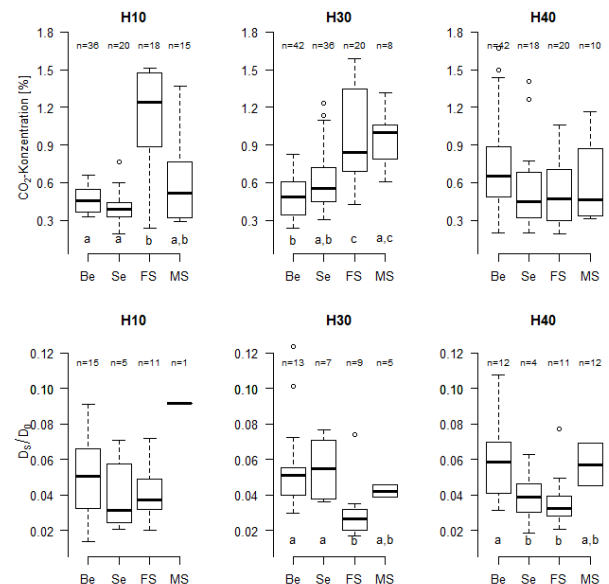


Abbildung 2: Whisker-Boxplots (Median und Quartile) für CO₂-Konzentration der Bodenluft in 5 cm Tiefe und D_s/D₀ auf drei unterschiedlich alten Rückegassen in der Region Heide. Be: Bestand, FS: Fahrspur, MS: Mittelstreifen, Se: Seitenstreifen. Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben sind mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % signifikant unterschiedlich.

In der Region Heide war die Feinwurzel-dichte auf der 10 Jahre alten Rückegasse in einer Tiefe von 0-8 cm und 28-40 cm signifikant geringer und auf der 30 Jahre alten Rückegasse in 12-20 cm Tiefe. Die 40 Jahre alte Rückegasse wies die stärksten Unterschiede in der Feinwurzel-dichte auf: Hier waren die Feinwurzel-dichten in den Tiefenstufen 8-24 cm und 32-36 cm auf der Rückegasse signifikant geringer als im unbefahrenen Bereich (ohne Abb.).

Diskussion

Wir konnten eine Regeneration innerhalb von 10-20 Jahren auf biologisch sehr akti-

ven und tonhaltigen Standorten in der Region Göttingen nachweisen. Wir nehmen an, dass diese schnelle Regeneration vor allem auf die Aktivität von Regenwürmern (LARINK ET AL., 2001) und auf das Quellen und Schrumpfen des tonhaltigen Bodens zurückzuführen ist (BOTINELLI ET AL., 2014). Vierzig Jahre nach der letzten forstlichen Nutzung wiesen Rückegassen auf den sandigen Standorten in der Heide noch starke Strukturstörungen auf, obwohl sie generell als befahrungsunempfindlich gelten und sogar eine flächige Befahrung des Bestandes als eine Möglichkeit der Bewirtschaftung gesehen wird (BRAIS & CAMIRÉ, 1998). Der geringe pH-Wert und die ungünstige Humusform schränken die Aktivität von Regenwürmern auf diesen Standorten ein (SOMMER ET AL., 2002). Der Tongehalt beträgt 1-3 % und ist für eine physikalische Restrukturierung des Bodens nicht von Bedeutung.

Literatur

Beylich, A., Oberholzer, H.-R., Schrader, S., Höper, H., Wilke, B.-M., 2010. Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. *Soil Till. Res.* 109 (2), 133–143.

Bottinelli, N., Hallaire, V., Goutal, N., Bonnaud, P., Ranger, J., 2014. Impact of heavy traffic on soil macroporosity of two silty forest soils: Initial effect and short-term recovery. *Geoderma* 217-218, 10–17.

Brais, S., Camiré, C., 1998. Soil compaction induced by careful logging in the claybelt region of north-western Quebec (Canada). *Can. J. For. Res.* 78 (1), 197–206.

Croke, J., Hairsine, P., Fogarty, P., 2001. Soil recovery from track construction and harvesting changes in surface infiltration, erosion and delivery rates with time. *For. Ecol. Manage.* 143 (1-3), 3–12.

Ebeling, C., Lang, F., Gaertig, T., 2016. Structural recovery in three selected forest soils after compaction by forest machines in Lower Saxony, Germany. *Forest Ecology and Management* 359, pp. 74-82.

Gaertig, T., 2001. Bodengashaushalt, Feinwurzeln und Vitalität von Eichen. - Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen 40.

Gaertig, T., Hildebrand, E.E., 2003. Der Einfluss der Bodenversauerung auf die Bodenstruktur der Wälder. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 174 (2-3), 44–49.

Greacen, E.L., Sands, R., 1980. Compaction of Forest Soils: A review. *Aust. J. Soil Res.* 18 (2).

Kuhnke, F., Gaertig, T., 2012. Vorrichtung zur Analyse kleinvolumiger Bodengasproben. Deutsches Patentamt 10 2012 008584.

Larink, O., Werner, D., Langmaack, M., Schrader, S., 2001. Regeneration of compacted soil aggregates by earthworm activity. *Biol. Fert. Soils* 33 (5), 395–401.

Page-Dumroese, D.S., Jurgensen, M.F., Tiarks, A.E., Ponder, F., Sanchez, F.G., Fleming, R.L., Kranabetter, J.M., Powers, R.F., Stone, D.M., Eliooff, J.D., Scott, D.A., 2006. Soil physical property changes at the North American long-term soil productivity study sites: 1 and 5 years after compaction. *Can. J. For. Res.* 36 (3), 551–564.

Rab, M., 2004. Recovery of soil physical properties from compaction and soil profile disturbance caused by logging of native forest in Victorian Central Highlands, Australia. *For. Ecol. Manage.* 191 (1-3), 329–340.

Sommer, M., Ehrmann, O., Friedel, J.K., Martin, K., Vollmer, T., Turian, G., 2002. Böden als Lebensraum für Organismen: Regenwürmer, Gehäuseschnecken und Bodenmikroorganismen in Wäldern Baden-Württembergs. *Hohenheimer Bodenkundliche Hefte* 63. Universität Hohenheim, Hohenheim.

von Wilpert, K., Schäffer, J., 2006. Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: a preliminary study. *Eur. J. Forest Res.* 125 (2), 129–138.